Aus der Neurologischen Klinik der Universität Tübingen
Direktor: Professor Dr. med. Johannes Hirschmann

Die Objektivierung der Ermüdung durch das Elektroencephalogramm

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
Fikri Zidan
aus Kalioubieh/Ägypten

1968

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547604_0063

Aus der Neurologischen Klinik der Universität Tübingen
Direktor: Professor Dr. med. Johannes Hirschmann

Die Objektivierung der Ermüdung durch das Elektroencephalogramm

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
Fikri Zidan
aus Kalioubieh/Ägypten

1968

Dekan:	Professor Dr. W. Graumann
1. Berichterstatter:	Dozent Dr. K. Vetter
2. Berichterstatter:	Professor Dr. J. Hirschmann

Gesamtherstellung:
FOTODRUCK PRÄZIS Barbara v. Spangenberg KG · Tübingen

Inhaltsverzeichnis

		Seite
I.	Einleitung und Fragestellung	1
II.	Zur Definition des Begriffes „Ermüdung"	1 – 2
III.	Material	2 – 3
IV.	Ergebnisse	4 – 13
V.	Diskussion	13 – 15
VI.	Zusammenfassung	16
VII.	Literatur	17 – 19

I. Einleitung und Fragestellung

Bei Ableitung von Elektroencephalogrammen schlafen müde Patienten nicht selten ein. Diese Müdigkeit kann physiologisch sein, weil die betreffenden Personen, um zum Ort der Untersuchung zu kommen, morgens früh aufstehen mußten, eine lange Anreise hatten und eventuell spät, oft sogar nüchtern, hirnelektrisch untersucht wurden. Dabei kann die Monotonie der Untersuchungssituation zusätzlich einschläfernd wirken. Die Ermüdung kann aber auch durch dämpfende, eventuell schlaffördernde Medikamente, die zuvor ärztlich verordnet wurden, bedingt sein. Wie sich nun Zeichen von Ermüdung im Elektroencephalogramm bemerkbar machen und wie das vom Untersuchten angegebene subjektive Gefühl, ‚müde' oder ‚nicht müde' zu sein, mit dem zugehörigen EEG-Befund objektiv korreliert, sollte in dieser Studie untersucht werden.

II. Zur Definition des Begriffes ‚Ermüdung'

In einer großen Anzahl von Arbeiten und Referaten, wie Symposien (1,2,11,14, 19,20,21,22,23,24,28,29) wird über das Wesen des Schlafes berichtet.
Die Diskussion um die Ermüdung jedoch kommt hierin stets zu kurz.
Uns wurde nur eine aus psychologischem Gesichtswinkel geschriebene Monographie (25) über die Ermüdung bekannt. In ihr finden sich verschiedene causalfunktionale und phaenomenologisch-deskriptive Definitionen, die hier nicht wiederholt werden sollen. Ihre Berücksichtigung würde den Rahmen dieser Ausführungen sprengen.

So seien nur zwei allgemeine Definitionen der Ermüdung angeführt:
„Ermüdung ist ein Folgezustand geistiger oder körperlicher Anstrengung ohne hinreichende Erholung" (29) und „Ermüdung kann zu Hemmungen des Denkprozesses, Konzentrationsverlust und zu starken Unlustgefühlen führen. Sie wird durch das Interesse und die Möglichkeit, bestimmte Teile der Aufgabe gewohnheitsmäßig (automatisch) zu bewältigen, weit hinausgeschoben" (30).
Allerdings war „Müdigkeit" das Zentralthema des III. Internationalen Kongresses für psychosomatische Medizin, Paris, 1966 (18). Hierüber wurde auch in den Documenta Geigy 1967 (12) berichtet.

III. Material

Ohne besondere Auswahl wurden 441 elektroencephalographisch registrierte Kurven auf Ermüdungszeichen, die später eingehender beschrieben werden, durchgesehen. Alle untersuchten Personen waren bei der EEG-Ableitung befragt worden, wie stark sie sich subjektiv ‚müde' oder ‚nicht müde' fühlen würden.
Diese Angaben wurden vermerkt, waren aber demjenigen, der die EEG-Kurven auswertete, nicht bekannt.
Der Auswertende hatte sein besonderes Augenmerk auf Passagen, die einer Ermüdung entsprechen könnten (zum Beispiel Stadium B), zu richten. Sein Urteil wurde getrennt vermerkt.
Eine Beeinflussung konnte also bei der Auswertung nicht erfolgen.
Bei der Auswertung wurden Gruppen gebildet, in denen sich die verschiedenen Möglichkeiten:
‚subjektiv nicht müde', ‚subjektiv etwas müde'. ‚subjektiv müde' und ‚subjektiv sehr müde' sowie
‚objektiv nicht müde', ‚objektiv etwas müde', ‚objektiv müde' und ‚objektiv sehr müde'
Berücksichtigung fanden.
Zur Vermeidung von pseudoexakten Ergebnissen, die bei dieser differenzierten Aufschlüsselung eventuell hätten möglich sein können, wurde die Einteilung dann noch vereinfacht; dabei ergaben sich die Gruppen:
‚subjektiv nicht müde' und ‚subjektiv müde' beziehungsweise ‚objektiv nicht müde' und ‚objektiv müde'.

Als Ermüdungszeichen wurden solche Passagen gewertet, die durch vorübergehende Amplitudenminderung oder gar Verschwinden des Grundrhythmus über wenige oder viele Sekunden auffielen, auch dann, wenn bei den untersuchten Personen anschließend kein Schlaf-EEG auftrat, sondern der ursprüngliche bioelektrische Hirnpotentialrhythmus, in der Regel ein zwischen 20–50 Mikro-Volt hochgespannter alpha-Rhythmus, wiederkehrte.

Beispielhaft zeigt dies *Abbildung 1* bei einem an Migräne leidenden Patienten (G., Max, geb. 13.1.27), welcher sich bei der EEG-Ableitung zwar beschwerdefrei, aber subjektiv ‚müde' fühlte, in einem Kurvenausschnitt von 16 Sekunden Dauer bei geschlossenen Augen.

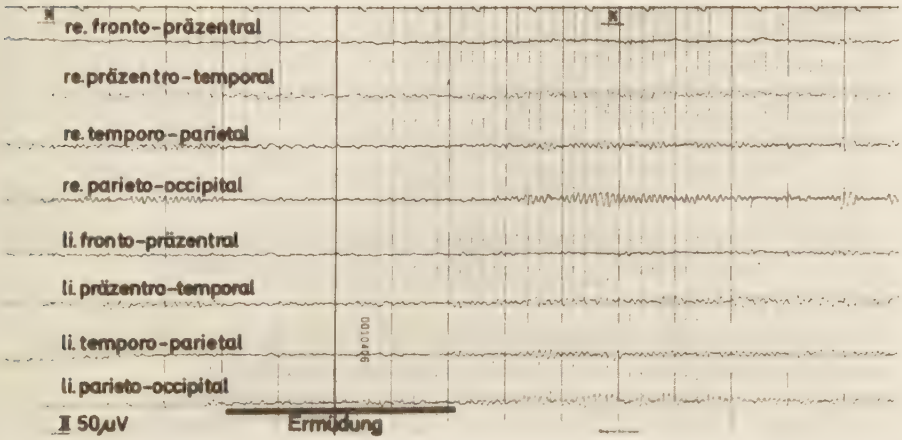

Abb. 1: Normales EEG bei subjektiver Ermüdung. Reduktion des alpha-Rhythmus während 4 Sekunden als Folge einer geminderten Vigilität.

Während 4 Sekunden (siehe Balken unter Kanal 8 in Abbildung 1) hat sich der alpha-Rhythmus seitengleich über beiden Großhirnhemisphären aufgelöst; die Spannungsschwankungen sind während dieser Zeit derart gering, daß allseits fast eine isoelektrische Linie geschrieben wird. Wie bei der Blockierung des alpha-Rhythmus durch Öffnen der Augenlider, die hier jedoch geschlossen blieben, löst sich die Frequenz plötzlich auf, die Amplitude nimmt gleichfalls beträchtlich ab. Genauso abrupt beginnt nach 4 Sekunden spontan der ursprüngliche Grundrhythmus wieder abzulaufen.

IV. Ergebnisse

Bei der Auswertung von EEG-Kurven von 441 Personen in Korrelation mit den von den Betreffenden gemachten Angaben ergab sich die folgende Beziehung zwischen subjektivem Ermüdungsgefühl und objektivem Ermüdungs-EEG, zunächst ohne Rücksicht auf jegliche Medikation.

Subjektiv	nicht müde (ϕ)				etwas müde (+)				müde (++)				sehr müde (+++)			
Anzahl	217				92				87				45			
Ermüdungsgrad	ϕ	+	++	+++	ϕ	+	++	+++	ϕ	+	++	+++	ϕ	+	++	+++
Objektiv	177	37	3	0	43	48	1	0	39	34	14	0	23	18	4	0
%	81,5	17	1,4	0,0	46,3	52,2	1,1	0,0	44,8	39,1	16,1	0,0	51	40	9	0

Tabelle I: Beziehungen zwischen subjektivem Ermüdungsgefühl und objektivem Ermüdungs-EEG bei 441 Personen ohne Rücksicht auf jegliche Medikation.

Wie aus dieser ersten Tabelle ersichtlich, wurde der von dem jeweiligen Untersuchten angegebene Grad der subjektiven Ermüdung eingeteilt in:
‚nicht müde', ‚etwas müde', ‚müde' und ‚sehr müde'.

Mit diesen Angaben wurden auch die bei Auswertung der EEG-Kurven festgestellten objektiven Zeichen von Ermüdung verglichen.
Dabei ergab sich zunächst, daß diejenigen 217 Personen, die sich ‚nicht müde' fühlten zu 81,5 % auch im EEG keine Zeichen von Ermüdung aufwiesen.
Dagegen fanden sich nur bei 18,4 % der elektroencephalographisch untersuchten, subjektiv ‚nicht müden' Personen im EEG Zeichen von Ermüdung. Dieses Verhältnis verschiebt sich bei den Personengruppen, die sich als ‚etwas müde', ‚müde' oder ‚sehr müde' bezeichneten. Von diesen 3 Gruppen mit subjektiv Ermüdeten 92, 87 bzw. 45 Personen zeigten jeweils rund die Hälfte im EEG Zeichen von Ermüdung, im Gegensatz zu der subjektiv ‚nicht müde', obengenannten ersten Gruppe von 217 Personen, die ja nur in 18,4 % ein Ermüdungs-EEG aufwiesen.
Unter dem Eindruck, die Einteilung der subjektiven Ermüdung in 3 Grade (‚etwas müde', ‚müde', ‚sehr müde') könne pseudoexakt sein – denn es macht vielen Per-

sonen Schwierigkeiten, genau zu sagen, welcher Grad der Ermüdung vorliege – wurden sodann nur 2 Gruppen gebildet:

‚nicht müde' und ‚müde'.

In gleicher Weise wurden auch die EEG-Kurven beurteilt:

‚nicht müde' oder ‚müde'.

Dabei ergab sich dann das in **Tabelle II** dargestellte eindrucksvolle Ergebnis.

Subjektiv	nicht müde		müde	
Anzahl	217		224	
Objektiv	nicht müde	müde	nicht müde	müde
Anzahl	177	40	105	119
%	81,566	18,434	46,875	53,125

Tabelle II: Beziehungen zwischen subjektivem Ermüdungsgefühl und objektivem Ermüdungs-EEG bei 441 Personen ohne Rücksicht auf jegliche Medikation.

Von 217 subjektiv ‚nicht müden' Personen fehlten in 81,6 % auch im Elektroencephalogramm Zeichen von Ermüdung. Von den 224 subjektiv ‚müden' Untersuchten wiesen im EEG 53,2 % Zeichen von Ermüdung auf.

Ein Teil dieser 441 Patienten hatte jedoch seit Tagen oder auch unmittelbar vor der Ableitung Medikamente erhalten, von denen angenommen werden konnte, daß sie einen dämpfenden, für diese Untersuchung unerwünschten Effekt haben könnten, zum Beispiel Valium, Melleril, Tegretal u.s.w.

Um auszuschließen, daß hierdurch die Beurteilung eventuell beeinträchtigt werden könne, wurden dann bei 286 Personen, die Tage vor der betreffenden EEG-Ableitung keine Medikamente erhalten hatten, die subjektiven Angaben über Ermüdung mit den zugehörigen hirnelektrischen Kurven verglichen. Das Ergebnis ist in **Tabelle III** dargestellt.

Subjektiv	nicht müde		müde	
Anzahl	137		149	
Objektiv	nicht müde	müde	nicht müde	müde
Anzahl	114	23	60	89
%	83,21	17,79	40,26	59,74

Tabelle III: Beziehungen zwischen subjektivem Ermüdungsgefühl und objektivem Ermüdungs-EEG bei 286 Personen, die Tage vor der EEG-Ableitung keine Medikamente erhalten hatten.

Dabei ergab sich, wie aus Tabelle III hervorgeht, das ähnliche Verhältnis wie in Tabelle II. Daraus kann gefolgert werden, daß in dieser Studie Medikamente ohne Einfluß auf die Beurteilung sind.
Die statistische Bearbeitung der in den Tabellen II und III eingetragenen Werte ergibt bei einem gewählten Signifikanzniveau von durchweg 2 alpha = 0,01 hochsignifikante Werte.
So ergibt sich bei mathematischer Verarbeitung der in Tabelle II eingetragenen Zahlen

177	40	217	$E_m = 78{,}23$
105	119	224	
282	159	441	$X^2 = 57{,}54$

hochsignifikant
$p < 0{,}00025$

eine strenge Korrelation zwischen subjektivem Ermüdungsgefühl und objektivem Ermüdungs-EEG, wobei hier unberücksichtigt blieb, ob die untersuchten Personen Medikamente eingenommen hatten oder nicht.
Eine ähnlich straffe Abhängigkeit ergibt sich auch, wenn man nur die Personen berücksichtigt, die keinerlei Medikamente (spez. keine schlaffördernden Substanzen) erhalten hatten.
Unter Verwendung der in Tabelle III wiedergegebenen Zahlen wird dieses Ergebnis erhalten:

114	23	137	$E_m = 53{,}65$
60	89	149	
174	112	286	$X^2 = 55{,}24$

hochsignifikant

$p < 0{,}00025$

Die normalen und pathologischen (allgemeinveränderten, herdförmig abgeänderten, krampfverdächtigen) Elektroencephalogramme sind bei jeweils subjektiv ‚nicht müden' und ‚müden' Personen in **Tabelle IV** aufgeschlüsselt.

EEG	normal				allg.veränd.				Herdbefund				krampfverd.			
An-zahl	307				71				29				19			
obj.	nicht müde		müde		nicht müde		müde		nicht müde		müde		nicht müde		müde	
	151		156		35		36		15		14		11		8	
subj.	ϕ	+	ϕ	+	ϕ	+	ϕ	+	ϕ	+	ϕ	+	ϕ	+	ϕ	+
	119	32	56	100	31	4	23	13	12	3	14	0	11	0	6	2
%	78,8	21,2	35,9	64,1	88,5	11,5	63,8	36,2	80	20	100	0	100	0	75	25

Tabelle IV: Aufschlüsselung der EEG-Befunde in Bezug zur subjektiven und objektiven Ermüdung. (ϕ nicht müde, + müde)

Dieser Aufstellung zufolge können Personen mit normalen hirnelektrischen Funktionen ihre Vigilität besser einschätzen als ihre Ermüdung und als Patienten mit pathologischem EEG.

In beiden Gruppen (441 Kurven von Personen, die ohne Rücksicht auf die Medikation durchgesehen wurden, 286 Kurven von Personen, die frei von Medika-

menten waren) wurde sodann die Hemmung des Grundrhythmus beim Öffnen der Augenlider bzw. sein Wiederauftreten nach Augenschluß untersucht.

Diese Auswertung wurde durchgeführt um den Einfluß speziell schlaffördernder, zur Ermüdung führender Medikamente auf die sogenannte Hemmungs- und Aktivierungsreaktion festzustellen.
Das Ergebnis ist in *Abbildung 2* dargestellt.

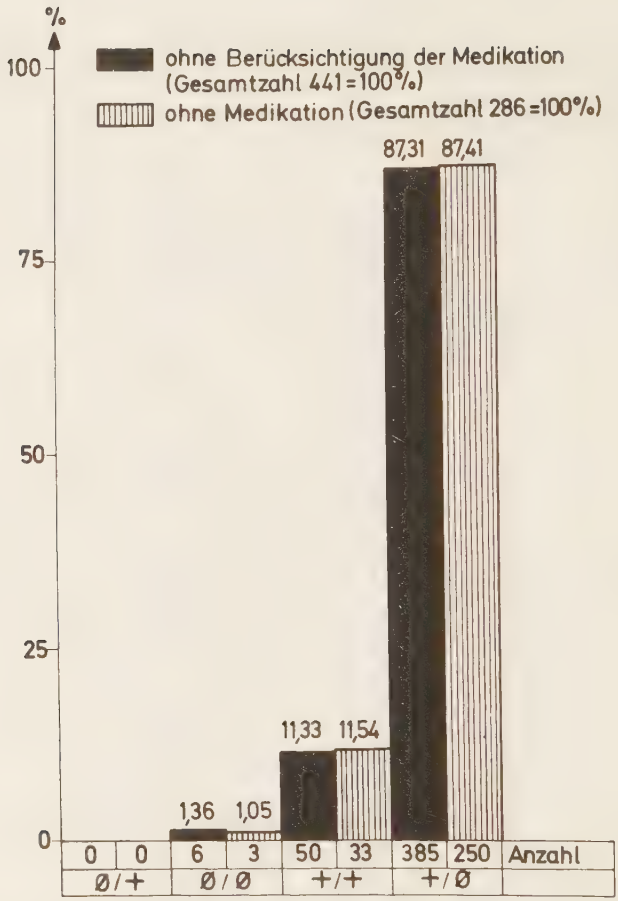

Abb. 2: Einfluß schlaffördernder Medikation auf Hemmungs- und Aktivierungsreaktion im Elektroencephalogramm beim Öffnen bzw. Schließen der Augenlider.

ϕ / + : Hemmung fehlt, Aktivierung vorhanden

ϕ / ϕ : Hemmung fehlt, Aktivierung fehlt

+ / + : Hemmung vorhanden, Aktivierung vorhanden

+ / ϕ : Hemmung vorhanden, Aktivierung fehlt

Einige Abbildungen sollen nun veranschaulichen wie sich Ermüdung, also nicht Schlaf, aus der EEG-Kurve herauslesen läßt.

In *Abbildung 3* sind bei einem Patienten (G., Max, geb. 6.2.07, cerebrale Zirkulationsstörungen) für 6 1/2 Sekunden während der EEG-Ableitung die Augenlider geöffnet (siehe Markierung über Kanal I).
Entsprechend dem von *Berger* beschriebenen Blockierungseffekt bleibt der alpha-Rhythmus gehemmt. Während dieser Zeit erscheinen über den mittleren Ableitungspunkten der vorderen Querreihe (Kanal II und III) 6 phasenumgekehrte, träge Lidschlußartefakte. Nach Schluß der Lider läuft der Grundrhythmus sofort, in diesem Fall aktiviert, über 3 Sekunden weiter.
Alsdann verschwinden die alpha-Wellen für über 4 Sekunden. Wieder ist fast eine isoelektrische Linie erreicht, bis der alpha-Grundrhythmus wiederkehrt. Derartige, mehrere Sekunden dauernde Unterbrechungen der Grundaktivität sind im Elektroencephalogramm von subjektiv ermüdeten Personen häufig.
Diese Befunde galten uns als Kriterium für die objektive Beurteilung.

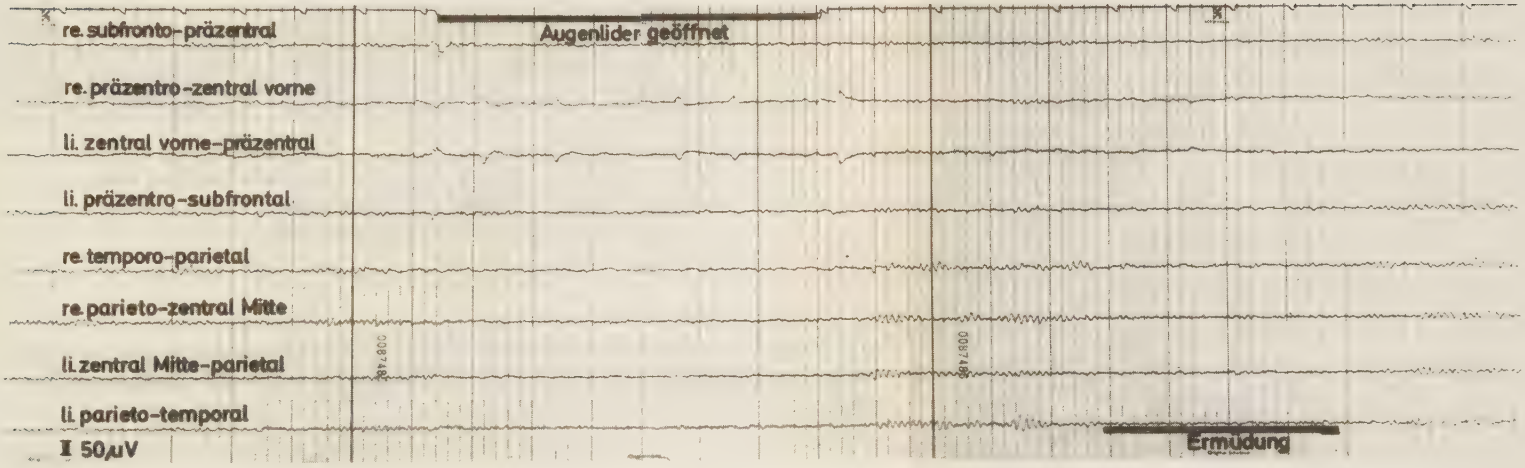

Abb. 3: Normales alpha-Elektroencephalogramm.
Blockierung bzw. Aktivierung des Grundrhythmus durch Öffnen bzw. Schließen der Lider (siehe Markierung über Kanal I) und hirnelektrischer Ermüdungseffekt (siehe Markierung unter Kanal VIII).

Abbildung 4 zeigt bei einer anderen Patientin (F., Carmen, geb. 3.6.45, Temporallappenepilepsie) mit pathologischem EEG (Herd träger Wellen über mittleren Hirnabschnitten links) typische Ermüdungsveränderungen. Sogar verschwinden die theta- und delta-Wellen dieses umgrenzten Herdbefundes (siehe Kanal VI und VII) für ca. 3 Sekunden.
Aktivierte alpha-Wellen zeigen in den letzten, auf dem Kurvenausschnitt sichtbaren 3 Sekunden, offenbar durch plötzliche Abnahme der Ermüdung wieder einen Zustand normaler Vigilanz.

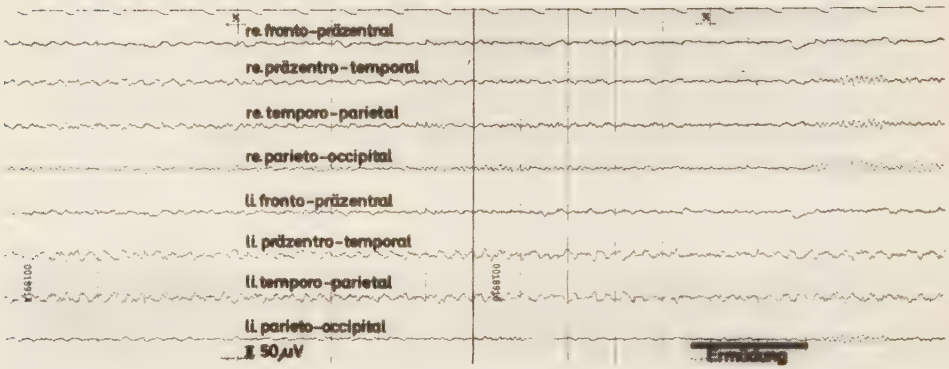

Abb. 4: Beeinflussung eines linkstemporalen Herdbefundes während hirnelektrisch faßbarer Ermüdung. Bei Markierung unter Kanal VIII (Ermüdung) passagere Abnahme der delta-Wellenintensität.

Die hirnelektrisch-faßbare Ermüdung bei einem schwer allgemeinveränderten Hirnstrombild (B., Katharina, geb. 2.10.02, Encephalitis, keine Medikamente, subjektiv müde) ist aus *Abbildung 5* zu ersehen.

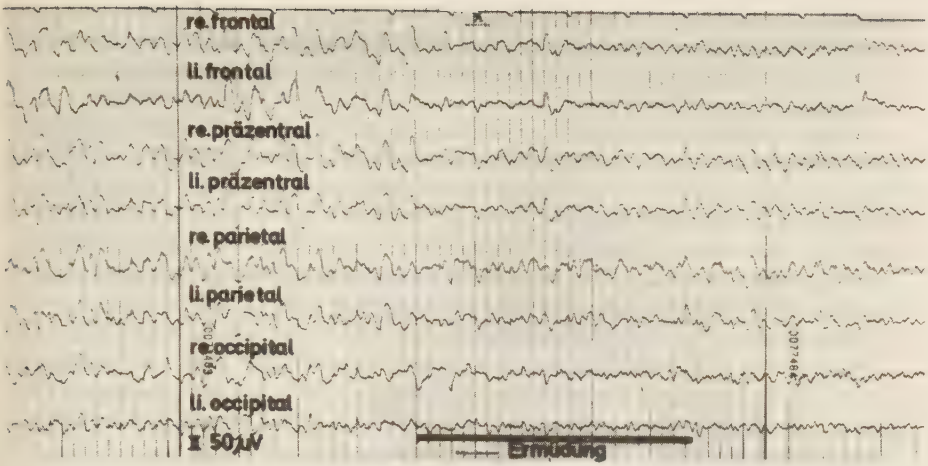

Abb. 5: Schwere Allgemeinveränderung wird durch Ermüdung verändert und erscheint weniger intensiv.

Aus der abgebildeten EEG-Kurve ist zu erkennen, daß das über beiden Großhirnhemisphären schwer unspezifisch allgemeinveränderte EEG für 4 1/2 Sekunden mit allseits geminderten Amplituden aufgezeichnet wird, um danach, besonders über mittleren Ableitungspunkten, wieder höhergespannt weiterzulaufen.

V. Diskussion

Zunächst sei erwähnt, daß in dieser Studie bewußt keine Differenzierung zwischen Muskelermüdung und geistiger Ermüdung durchgeführt wurde.
Auch soll hier die Frage nach der Ursache der physischen und psychischen Ermüdung nicht diskutiert werden, Der an dieser Fragestellung Interessierte kann sich hierüber bei *Lehmann* (30), *Schmidtke* (25) bzw. *Hochrein-Schleicher* (17) ausreichend unterrichten.

Soweit man beurteilen kann, bestand bei den 441 untersuchten Personen weniger eine Muskelermüdung, sondern mehr eine geistige Ermüdung, waren sie doch Stunden und auch Tage vor der EEG-Ableitung keiner physischen Belastung unterworfen.

In dieser Untersuchung sollte lediglich das subjektive Gefühl der Ermüdung durch die hirnelektrisch untersuchten Personen global berücksichtigt werden.

Wie man weiß, ist es jedoch oft sehr schwer, eine körperliche von einer geistigen Ermüdung zu unterscheiden.

Mit Bedacht vernachlässigen wir hier auch die Ätiologie der Ermüdung, möge sie nun als Begleitsymptom einer körperlichen oder einer seelischen Erkrankung aufgetreten oder physiologisch verursacht worden sein.

Unsere Kenntnisse über die Rhythmizität von Wachen und Schlafen sind noch gering. Das Wissen um die Mechanismen von Einschlafen und Aufwachen ist aber noch geringer. Am wenigsten jedoch wissen wir über die neurophysiologischen Ursachen von Ermüdung (als Vorgang), Müdigkeit (als Zustand), Ermüdungsgefühl (als Wahrnehmung) und Erschöpfung (als Endstation) – Einteilung nach *Hochrein-Schleicher*.

Zwar haben Physiologen, Arbeitsphysiologen und Psychologen versucht, experimentell diese Zustände zu analysieren und zu definieren, doch fehlen noch spezielle Arbeiten aus neuerer Zeit, die die Objektivierung der Ermüdung im Elektroencephalogramm zum Gegenstand haben.

In dieser Untersuchung interessiert nur, ob das subjektive Gefühl ermüdet zu sein, ein entsprechendes, registrierbares Korrelat habe. So lag es nahe, sich der Elektroencephalographie zu bedienen, denn seit *Berger* ist ja bekannt, daß sich Wachen, Einschlafen und Schlafen hirnelektrisch erfassen lassen. Je nach der Schlaftiefe kann man dabei die seit *Loomis, Harvey* und *Hobart* bekannten Schlafstadien B, C, D und E von der EEG-Kurve ablesen.

Lindsley war wohl der erste, der dem sogenannten Verhaltenskontinuum (starke Emotionen, Aufregung, Furcht, Angst → wache Aufmerksamkeit → entspannter Wachzustand → Dösigkeit → Schlaf) bestimmte EEG-Charakteristika (Desynchronisation → partielle Synchronisation → Synchronisation → reduzierter alpha-Rhythmus → Schlaf-EEG) zuordnete.

Auch andere Autoren (3,4,5,6,7,8,10,13,15,16) beobachteten im Elektroencephalogramm bei Ermüdung einen Rückgang der 8–12 Hz-alpha-Wellen, eine Beobachtung, die wir jedoch nicht bestätigen können. Von anderer psychologischer Seite wurde auch der Einfluß vermehrter psychischer (9) oder physischer (27,28) Beanspruchung untersucht, ohne daß aus den EEG-Kurven jedoch signifikante Abänderungen herausgelesen werden konnten.

Die Schlußfolgerungen, die aus vielen dieser Arbeiten gezogen werden, scheinen oft spekulativ. Heißt es doch zu hypothetisch an einer Stelle über die Ermüdungsakkumulation, hierbei käme es zu einer „hochgradigen Beanspruchung des Zentralnervensystems", die sich in „stagnierenden Erregungszonen in der Großhirnrinde" ausdrücke.

Das in dieser Studie am meisten überraschende Ergebnis besteht darin, daß sich Ermüdung im Elektroencephalogramm offenbar nur in 1–2–3 Sekunden dauernden Passagen eines in seiner Amplitude gemindertem oder gar ausgelöschtem Grundrhythmus zeigt, ohne daß währenddem die betroffene Person phänomenologisch auffällig wird, das heißt sichtbar eindämmert oder gar einschläft. Allerdings sind der Beobachtung des Untersuchten bei Ableitung des Elektroencephalogrammes dadurch Grenzen gesetzt, daß die untersuchte Person zur Vermeidung von Artefakten ohnehin still sitzen oder liegen muß. Überdies sind die Lider geschlossen. Hierdurch wird die objektive Einschätzung der Vigilität während der Registrierung entscheidend beeinflußt.

Dem subjektiven Gefühl, ‚müde' oder ‚nicht müde' zu sein, kommt also besondere Bedeutung zu, abgesehen davon, daß Ermüdung wohl zuerst von den Betroffenen gemerkt wird und erst bei stärkerer Zunahme auch einem Beobachter auffällt.

Es muß offen bleiben, ob die vergleichsweise sehr kurzen, amplituden-geminderten, eventuell auch frequenzreduzierten EEG-Passagen, die zur Entscheidung elektroencephalographisch ‚müde' oder ‚nicht müde' dienten, jeweils für sich isoliert bei der registrierten Person den Eindruck ermüdet zu sein hervorriefen oder erst durch Summation über einen längeren Zeitraum subjektiv wirksam werden.

Nicht selten erschienen diese beschriebenen Ermüdungsstrecken während der EEG-Ableitung recht spärlich, das heißt während der 30 Minuten dauernden Ableitung etwa 5–10 mal; trotzdem hatten die untersuchten Personen subjektiv den Eindruck ‚müde' zu sein. Hieraus kann – mit Vorbehalt – geschlossen werden, daß der subjektive Eindruck ‚müde' zu sein, nicht notwendigerweise auch mit kontinuierlichen, für Ermüdung charakteristischen EEG-Veränderungen (zum Beispiel Stadium B) einhergehen muß. Oft bereiten gerade diese Hirnstromkurven Schwierigkeit, wenn es gilt, die Entscheidung „unspezifische Allgemeinveränderung" zu treffen. Diese hirnelektrisch faßbare, diffuse Störung der Hirnfunktion wird man dann umso weniger annehmen, je kürzer und seltener die Amplituden und eventuell auch frequenzreduzierten Strecken in einem sonst unauffälligen hirnelektrischen Grundrhythmus vorhanden sind. Mit umso größerer Berechtigung wird man sie als Zeichen von Ermüdung auffassen, zumal wenn sich der Untersuchte auch subjektiv ‚müde' fühlt. So hätte diese Studie auch einen kleinen Beitrag zur hirnelektrischen Differentialdiagnose: Ermüdung oder Allgemeinveränderung beigetragen.

VI. Zusammenfassung

In dieser Untersuchung sollte festgestellt werden, ob sich das subjektive Gefühl ‚müde' oder ‚nicht müde' zu sein, im Elektroencephalogramm objektivieren läßt. Nach der Definition des Begriffes Ermüdung (Seite 1) wird die Auswertung der unter dieser Fragestellung durchgesehenen 441 Elektroencephalogramme beschrieben (Seite 2–3). Als Kriterium einer hirnelektrisch faßbaren Ermüdung wurden im Elektroencephalogramm solche Passagen aufgefaßt, in denen die Amplituden eine bis mehrere Sekunden beträchtlich gemindert waren, beziehungsweise der Grundrhythmus praktisch ausgelöscht erschien (siehe Abbildung 1). Es zeigte sich bei der Auswertung, daß eine sehr gute Übereinstimmung der subjektiven Einschätzung des Grades der Ermüdung und dem beschriebenen Kriterium im EEG bestand. So wiesen 81,5 % der subjektiv ‚nicht müden' Patienten auch im Elektroencephalogramm keine Zeichen von Ermüdung auf. Dagegen wiesen nur 53,1 % der subjektiv ‚müden' Patienten auch im Elektroencephalogramm Zeichen von Ermüdung auf.

Ein ähnliches Verhältnis ergibt sich für die Fälle, die keine spezifisch dämpfenden, schlaffördernden Medikamente erhalten hatten.

Offensichtlich können Personen mit normaler hirnelektrischer Funktion ihre Vigilanz besser einschätzen als ihre Ermüdung und als Patienten mit pathologischem Elektroencephalogrammen.

In Abbildungen wird gezeigt, daß sich Ermüdung auch auf eine hirnelektrisch faßbare umschriebene (Herdbefund), wie auch auf eine diffuse (Allgemeinveränderung) Störungen der Hirnfunktion auswirkt.

Bemerkenswert ist, daß offenbar schon seltene (1/min.) und dann nur 1–3 Sekunden dauernde Funktionsänderungen im elektroencephalographischen Grundrhythmus genügen, um subjektiv das Gefühl von Ermüdung hervorzurufen.

VII. Literatur

1 *Akert, K., C. Bally and J.P. Schadé (Hrsg.)*
Sleep mechanismus in: Progress in brain research Vol. 18
Elsevier Publishing Company, Amsterdam-London-New York, p. 257, 1965

2 *Bürger-Prinz, H. und P.-A. Fischer (Hrsg.)*
Schlaf, Schlafverhalten, Schlafstörungen.
Enke-Verlag, Stuttgart, S.152, 1967

3 *Burge, W.E.*
Muscular exercise, fatigue and exhaustion in relation to brain Potentials.
Fed. Proc. 2,5, 1943

4 *Barnes, T.C. and H. Brieger*
Elektroencephalographie studies of mental fatigue.
J. Psychol. 22, 181, 1946

5 *Bartenwerfer, H.*
Beiträge zum Problem der psychischen Beanspruchung. Forschungsbericht Nr. 808 des Landes Nordrhein-Westfalen. Köln-Opladen 1960

6 *Bjerner, B.*
Alpha depression and lowered pulse rate during delayed actions in a serial reaction test.
Acta physiol. Scand. 19 suppl. 65, 1949

7 *Bujas, Z. und B. Pets*
Les modifikations des condes alpha au cours du travail mental prolongé.
Trav. Hum. 17, S. 201, 1954

8 *Bujas, Z. und B. Pets*
Etude comparative de certains tests de fatigue.
Trav. Hum. 19, S. 193, 1956

9 *Babadschanjan, M.G., W.N. Sokolowa, J.I. Kostina, M.I. Mamazaschwili und W.J. Tschirkow*
Isutschenije pritschin pojesdnüch dispetscherow.
In: Letaweta, A.A. und S.A. Kosilowa: Materialü k fisiologitscheskomu obosnowaniju trudowüch prozessow.
Moskau, Medgis, S. 154, 1960

10 *Christensen, B.C.*
Studies in the effort syndrome.
Acta med. Scand. 121, S. 194, 1945

11 *Dumermuth, G.*
Elektroencephalographie im Kindesalter.
Thieme-Verlag, Stuttgart, S. 287, 1965

12 *Documenta Geigy*
Ermüdung und Müdigkeit, Juli 1967

13 *Davis, H. und P.A. Davis*
Actions potentials of the brain.
Arch. Neur. Psychiatr. 36, S.1214, 1936

14 *Eccles, J. (Hrsg.)*
Brain ans Conscious experience.
Study week September 28 to October 4, 1964 of the Ponteficia Academia Scientiarum
Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, p. 591, 1966

15 *Grüttner, R. und A. Bonkalo*
Über Ermüdung und Schlaf auf Grund hirnbioelektrischer Untersuchungen.
Arch. Psychiatr. Nerv. Krankh. 111, S.652, 1940

16 *Grüttner, R. und A. Bonkalo*
Hirnbioelektrische Untersuchungen über die Wirkung des Pervetin und des Coffein bei Ermüdungszuständen.
Psychiatr.-Neurol. Wschr. 42, Nr. 25, 1940

17 *Hochrein, M. und I. Hochrein-Schleicher*
Leistungssteigerung, Leistung-Übermüdung-Gesunderhaltung.
Thieme-Verlag, Stuttgart
3., neubearbeitete Auflage, S. 283, 1954

18 *III. Internationaler Kongress für psychosomatische Medizin, Paris*
Revue de médecine psychosomatique
Band 8, Nr. 3, juilett/aout/septembre 1966

19 *Jung, R.*
Neurophysiologie und Psychiatrie
In: Psychiatrie der Gegenwart, Band I/IA, S. 647–712
Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York 1967

20 *Jouvet, M.M. (Hrsg.)*
Aspects anatomo-fonctionels de la physiologie du sommeil.
Colloques internationaux du centre national de la recherche scientifique, Lyon 9.–11. Septembre, No 127, 1963
Editions de centre national de la recherche scientifique, Paris-VII, S. 657, 1965

21 *Jung, R.*
Der Schlaf
In: Physiologie und Pathophysiologie des vegetativen Nervensystems, Band 2, S.650–684
Hippokrates-Verlag, Stuttgart, 1963

22 *Kleitmann, N.*
Sleep and wakefulness
University of Chicago Press, Chicago, 1963

23 *Kugler, J.*
Elektroencephalographie in Klinik und Praxis.
Thieme-Verlag, Stuttgart
2., überarbeitete und erweiterte Auflage, S.203 1966

24 *Lehmann, G.* — Praktische Arbeitsphysiologie
Thieme-Verlag, Stuttgart
2. Auflage, S. 409, 1962

25 *Oswald, I.* — Sleeping and waking. Physiology and psychology
Elsevier Publishing Company, Amsterdam-New-York, 1962

26 *Schmidtke, H.* — Die Ermüdung.
Verlag H. Huber, Bern und Stuttgart, S.339, 1965

27 *Sickel, W.* — Untersuchungen über das menschliche Elektroencephalogramm nach mehrstündiger psychischer Aktivität.
Diss. Marburg 1961

28 *Sickel, W.* — Über das menschliche Elektroencephalogramm nach mehrstündiger psychischer Aktivität.
Arch. ges. psychol. **114**, S.1, 1962

29 *Staub, H. und H. Thölen* — Bewußtseinsstörungen.
Symposium vom 10.–12.1.1961, St. Moritz, Schweiz
Thieme-Verlag, Stuttgart, S.227, 1961

30 *Wolstenholme, G.E.W. and M.O. Connor (ed.)* — The nature of sleep
Ciba Foundation Symposium
Churchill Ltd., London 1961

31 — dtv-Lexikon, Bd. 5
Deutscher Taschenbuch-Verlag, München, 1967

32 — Der kleine Brockhaus, Bd. 1
Brockhaus-Verlag, Wiesbaden. 1952

Meinen besonderen Dank schulde ich Herrn Doz. Dr. med. K. Vetter für die Überlassung des Themas und für seine unermüdliche und stets tatkräftige Unterstützung, die das Zustandekommen dieser Arbeit erst ermöglicht hat.

Herrn Prof. Dr. med. J. Hirschmann danke ich von Herzen dafür, daß er mir die Möglichkeit bot, die Untersuchungen in seiner Klinik durchzuführen.

Lebenslauf

Ich, Fikri **Zidan**, wurde am 17. 12. 1939 in Kalioubieh/Ägypten als altester Sohn des Großkaufmanns Amin Ahmed Zidan in Kairo geboren.

Von meinem 6. Lebensjahr ab besuchte ich zuerst die Volksschule, dann die Oberschule Rokey Elmaarif in Kairo, wo ich im Mai 1957 meine Reifeprüfung mit Erfolg ablegte (Spezialfach Biologie-Naturwissenschaftliche Abteilung).
Ab Sommersemester 1958 bis einschließlich Wintersemester 1959/60 studierte ich an der Universität Wien Medizin. Ab Sommersemester 1960 studierte ich an der Universität Tübingen Medizin, wo ich im Februar 1963 die naturwissenschaftliche Vorprüfung und im April 1965 die ärztliche Vorprüfung mit Erfolg ablegte.
Das Medizinische Staatsexamen habe ich am 6. August 1968 abgeschlossen.